

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-144278

(P2002-144278A)

(43)公開日 平成14年5月21日(2002.5.21)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト*(参考)	
B 2 5 J	19/06	B 2 5 J	19/06	2 F 0 6 5
	5/00		5/00	F 2 H 0 5 1
	19/04		19/04	3 F 0 5 9
G 0 1 B	11/00	G 0 1 B	11/00	H
G 0 2 B	7/32	G 0 3 B	15/00	U
審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 8 頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号 特願2000-345820(P2000-345820)

(22)出願日 平成12年11月13日(2000.11.13)

(71)出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72)発明者 青山 千秋

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社
本田技術研究所内

(74)代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外5名)

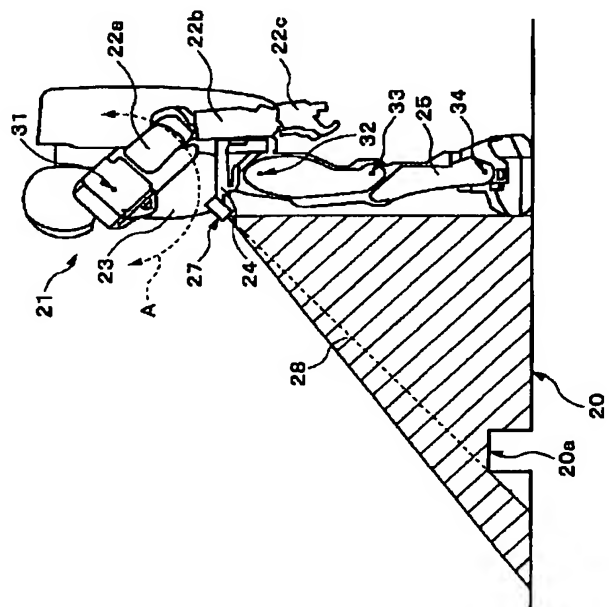
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 脚式移動ロボット

(57)【要約】

【課題】 マニピュレータを有するロボットにおいて、マニピュレータが測定に干渉せず、常に適切な状態で周囲の物体、特に下方の物体を検出し、距離の計測等を行うことのできる脚式移動ロボットを提供する。

【解決手段】 人間型ロボット21は、上腕部22a、下腕部22b、手部22c、腰部24、脚部25などから成り、関節の回転軸31～34を中心とした回転などにより多自由度の運動を行う。上腕部22aと下腕部22bと手部22cなどによってマニピュレータが構成される。腰部24には外部センサ27が設けられており、この外部センサ27は、マルチスリット光を床面20などに照射する発光手段と、照射された床面などを撮像する撮像手段とを有している。外部センサ27はマニピュレータの干渉を受けずに床面20などを検知するため、床面までの距離や床面形状の計測を常に安定的に行うことができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 移動を目的として本体に結合されている脚部と、対象物を空間内で移動させるために前記本体に結合されているマニピュレータとを有し、前記マニピュレータと前記本体との結合部が前記脚部と前記本体との結合部よりも上に配置されている脚式移動ロボットにおいて、

前記マニピュレータと前記本体との結合部よりも下でありかつ前記脚部と前記本体との結合部よりも上に、計測対象物体を検出する外部センサを備えていることを特徴とする脚式移動ロボット。

【請求項2】 前記脚式移動ロボットは、腰部を有する人間型ロボットであり、前記外部センサは、前記腰部にまたは前記腰部周辺に配置されていることを特徴とする請求項1に記載の脚式移動ロボット。

【請求項3】 前記外部センサは、スリット光を照射する発光手段と該スリット光が前記計測対象物体上に形成する光切断線を撮像する撮像手段とを備えていることを特徴とする請求項1または2に記載の脚式移動ロボット。

【請求項4】 前記撮像手段によって撮像された画像を基に前記計測対象物体までの距離を算出する距離算出手段を備えていることを特徴とする請求項3に記載の脚式移動ロボット。

【請求項5】 前記距離算出手段によって算出された距離の情報を基に前記脚部の動きを制御する脚制御手段を備えていることを特徴とする請求項4に記載の脚式移動ロボット。

【請求項6】 前記撮像手段によって撮像された画像を基に光切断法を用いて周囲を監視することを特徴とする請求項3から5までのいずれかに記載の脚式移動ロボット。

【請求項7】 前記撮像手段は少なくとも2個のカメラで構成され、これらのカメラで撮像された各画像の中の同一の物体を対応付け、この対応付けられた物体の視差を用いて当該物体までの距離を算出することを特徴とする請求項3から6までのいずれかに記載の脚式移動ロボット。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 この発明は、マニピュレータを備えた脚式移動ロボットに関し、特に、頭部、腕部、胴部、腰部、脚部などによって構成される人間型の脚式移動ロボットに関する。

【0002】

【従来の技術】 自立移動ロボットには、移動する際に床面や壁面や障害物などを検知するための装置が設けられている。例えば、特開平6-43935号公報には、走行方向とは交差する所定パターンのスリット光を照射す

る手段と、このスリット光による照射部分を撮像する手段と、撮像されたスリット光のパターンを解析して走行方向前方の障害物の有無を判定する手段とを備えた走行ロボットが開示されている。また、特開平6-83442号公報には、光切断法を用いて、スリット光の照射により障害物表面に形成される光切断線を基に三次元座標データを算出し、この三次元座標データに基づいてロボットの走行を制御する技術が開示されている。

【0003】 従来の二足歩行ロボットでは、床面の高さや傾斜が既知であることを前提に歩行パターンを決定していた。また、若干の高さ推定誤差はコンプライアンス制御によって吸収し、ロボットが転倒しないで歩行できるようにしていた。また、事前に床面を測定できない場合や、歩行経路を正確に補正できない場合や、未知の障害物などが出現した場合には、コンプライアンス制御だけでは不十分であり転倒につながるため、これにそなえて外部センサを持つ二足歩行ロボットも研究されている。脚および腕を備えている人間型ロボットにおいては、上記のような外部センサは頭部に設けられていた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、マニピュレータを備えたロボット、特に人間型ロボットの外部センサを頭部に設けた場合には、次のような問題がある。

【0005】 第1の問題はマニピュレータの外部センサに対する干渉である。例えば、移動方向の床面を計測しようとする場合、頭部に設けられた光源から前方の床面を照射することになるが、マニピュレータによって照射光が遮られてしまうと、床面の充分な範囲を照射できない。また、例えば、人間型ロボットが腕に大きな荷物を抱えながら移動する場合などは、広い範囲にわたって照射光が遮られてしまう。

【0006】 第2の問題は外部センサの向きである。人間型ロボットでは、首関節部分の動きにより頭部を前後方向あるいは左右方向に傾けたり頭部の向きを変えたりする場合がある。また、胴部分の動きにより、ロボットの上半身を前後方向あるいは左右方向に傾けたり向きを変えたりする場合がある。これらの動きによって頭部に設けられた外部センサの向きが変わってしまうため、常に前方の床面の状態を適切に検出することができない。

【0007】 本発明は、上記のような事情を考慮してなされたものであり、マニピュレータを有するロボットにおいても、マニピュレータが測定に干渉せず、常に適切な状態で周囲の物体、特に下方の物体を検出し、距離の計測等を行うことのできる脚式移動ロボットを提供することを目的とする。

【0008】 また、特に、頭部、胴部、腕、脚などから成る人間型の脚式移動ロボットにおいて、腕が測定に干渉することがなく、かつ各関節部分を動かした場合にも常に良好な状態で進行方向の床面、壁面、障害物などを

検出して距離を測定することのできる脚式移動ロボットを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するために、本発明は、移動を目的として本体に結合されている脚部と、対象物を空間内で移動させるために前記本体に結合されているマニピュレータとを有し、前記マニピュレータと前記本体との結合部が前記脚部と前記本体との結合部よりも上に配置されている脚式移動ロボットにおいて、前記マニピュレータと前記本体との結合部より

も下でありかつ前記脚部と前記本体との結合部よりも上に、計測対象物体を検出する外部センサを備えていることを特徴とする脚式移動ロボットを要旨とする。

【0010】また、本発明の脚式移動ロボットは、腰部を有する人間型ロボットであり、前記外部センサは、前記腰部にまたは前記腰部周辺に配置されていることを特徴とする。

【0011】また、本発明の脚式移動ロボットにおいては、前記外部センサは、スリット光を照射する発光手段と該スリット光が前記計測対象物体上に形成する光切断

線を撮像する撮像手段とを備えていることを特徴とする。

【0012】また、本発明の脚式移動ロボットは、前記撮像手段によって撮像された画像を基に前記計測対象物体までの距離を算出する距離算出手段を備えていることを特徴とする。

【0013】また、本発明の脚式移動ロボットは、前記距離算出手段によって算出された距離の情報を基に前記脚部の動きを制御する脚制御手段を備えていることを特徴とする。

【0014】また、本発明の脚式移動ロボットは、前記撮像手段によって撮像された画像を基に光切断法を用いて周囲を監視することを特徴とする。

【0015】また、本発明の脚式移動ロボットにおいては、前記撮像手段は少なくとも2個のカメラで構成され、これらのカメラで撮像された各画像の中の同一の物体を対応付け、この対応付けられた物体の視差を用いて当該物体までの距離を算出することを特徴とする。

【0016】
【発明の実施の形態】以下、図面を参照しこの発明の一実施形態について説明する。図1は、同実施形態による脚式移動ロボットの要部構成を示すブロック図である。この構成は、ロボットの移動経路上およびその周辺の床面や壁面や障害物などを計測対象物体としてその距離を測定し、二足歩行時の足の着地位置が適切になるようにロボットの脚を制御することを目的とするものである。

【0017】図1において、符号1は、計測対象物体（床面など）に対してマルチスリット光を照射するレーザ光源（発光手段）である。また、2aおよび2bは、それぞれレーザ光源1によるスリット光が照射された計

測対象物体を撮像する狭基線長カメラ（撮像手段）および広基線長カメラ（撮像手段）である。狭基線長カメラ2aは相対的にレーザ光源1の近くに設け、広基線長カメラ2bは相対的にレーザ光源1から離れた位置に設けられている。つまり、本実施形態では、少なくとも2つのカメラを備え、第1のカメラとレーザ光源との距離が、第2のカメラと当該レーザ光源との距離と異なるように、カメラおよびレーザ光源を配置している。また、3は、レーザ光源1に対するタイミング信号を出力することにより、レーザ光源1の発光のタイミングおよび狭基線長カメラ2aと広基線長カメラ2bとによる撮像のタイミングとを制御する発光制御部（発光制御手段）である。

【0018】また、4はカメラ2によって撮像された画像を取り込みA/D変換（アナログ/デジタル変換）して画像メモリに記憶する画像取り込み部であり、5は画像取り込み部4によって取り込まれた画像を基に計測対象物体までの距離を算出する距離推定部（距離算出手段）である。また、8はロボットの移動経路を決定する移動経路決定部、6は移動経路決定部8が決定した経路情報と距離推定部5による距離算出結果とを基にロボットの足の着地位置を決定する着地位置決定部、7は着地位置決定部6が決定した着地位置に足を持っていくようにロボットのバランスを取りながらロボットの脚を駆動するモータを制御する脚制御部（脚制御手段）である。

【0019】図2は、本実施形態が利用している光切断法の原理を示す断面図である。図2において、符号901は三次元計測装置に設けられたスリット光源、902は前記三次元計測装置に設けられている撮像のためのレンズ、903はレンズ902による像の結像面、905は結像面903の中心点であり、この中心点905は結像面903と撮像方向軸との交点である。また、901aはスリット光源901から照射されるスリット光面、910は測定対象物体、911はスリット光面901aが測定対象物体を照射している照射点の一つである。

【0020】ここで、スリット光源901とレンズ902の中心との距離をL（基線長）とする。また、図上の基準線は、スリット光源901とレンズ902とを結ぶ線を含む測定面（図6の断面に垂直な面）に垂直な方向を示している。また、スリット光の測定面に対する角度を θ 、レンズ902の中心と照射点911とを結ぶ線の測定面に対する角度を ϕ とする。ここで、測定面から測定対象物体910までの距離Zを求めるためには、次式のような計算を行えば良い。

$$【0021】 Z = L \cdot \tan(\theta) \cdot \tan(\phi) / (\tan(\theta) + \tan(\phi))$$

ただし、「 $\tan()$ 」は正接関数を表わす。

【0022】なお、上記 ϕ は、撮像方向（中心点905とレンズ902の中心とを結ぶ方向）の撮像面に対する角度 ϕ_0 と撮像方向に対する照射点911の変位角 ϕ_1

とを用いて、次式で表わされる。

【0023】 $\phi = \phi_0 + \phi_1$

【0024】 また、変位角 ϕ_1 は、レンズ 902 と結像面 903 との間の距離 l と、結像面 903 における照射点 911 の像の中心点 905 からの変位 Δx を用いて、次式で表わされる。

【0025】 $\phi_1 = \arctan (\Delta x / l)$

ただし、「 $\arctan ()$ 」は正接逆関数を表わす。

【0026】 以上、断面図を用いて説明したが、スリット光は当該断面だけではなく、測定対象物体 910 の表面に線状の切断線を形成するように照射されるため、測定面からその切断線上の各箇所までの距離を測定することができる。本実施形態では、レーザ光源 1 はマルチスリット光を照射するため、その各々が形成する光切断線を用いて、照射される範囲の測定を行うことが可能である。

【0027】 図 3 は、本実施形態による脚式移動ロボットの外見的構造を示す側面図である。この図において、符号 20 は床面、20a は床面 20 上に存在している突起面、21 は人間型ロボットである。また、この人間型ロボット 21 は、上腕部 22a、下腕部 22b、手部 22c、胴部 23 (本体)、腰部 24 (本体)、脚部 25 などの各部から成っている。なお上腕部 22a と下腕部 22b と手部 22c とそれらをつなぐ関節によって、対象物を空間内で移動させるための多関節マニピュレータが構成される。

【0028】 また、31~34 は人間型ロボット 21 の各部をつなぐ関節の回転軸である。例えば、上腕部 22a は、関節を介して胴部 23 に取り付けられており、回転軸 31 を中心として図示する矢印破線 (A) のような運動を行う。例えば、この人間型ロボット 21 が荷物を運搬するときには、肘関節を曲げて上腕部 22a と下腕部 22b とがほぼ 90 度の角度をなすようにしてそこに荷物を抱えることが可能である。

【0029】 また、27 は外部センサである。この外部センサ 27 には、少なくとも図 1 に示したレーザ光源 1 と狭基線長カメラ 2a と広基線長カメラ 2b とが組み込まれており、レーザ光源 1 によって符号 28 で示す範囲にマルチスリット光を照射するとともに、照射された床面 20 や突起面 20a を狭基線長カメラ 2a と広基線長カメラ 2b とのいずれかあるいは両方によって撮像する。そして前述の原理によって各光切断線形成位置までの距離を計測し、足の着地位置を決定し、脚の移動を制御する。

【0030】 通常サイズの間人型ロボットにおいて、図 3 に示したように腰部に外部センサを設ける場合と、従来技術のように頭部に外部センサを設ける場合とでは、以下に述べるような違いが生じることが、実験等によって判明している。

【0031】 (1) 最大基線長

基線長、つまりスリット光源とカメラとの間の距離は、頭部に設ける場合よりも腰部に設ける場合のほうが広くとることができる。例えば、頭部に設ける場合の最大基線長が 7 センチメートル (cm) 程度であるのに対して、腰部に設ける場合には 20 cm 程度とすることができる。

【0032】 (2) 床面までの距離

外部センサから床面までの距離は、頭部に設ける場合よりも腰部に設ける場合のほうが小さい。例えば、頭部に設ける場合は 150 cm 程度であるのに対して、腰部に設ける場合には 80 cm 程度である。

【0033】 (3) 計測精度

上記の最大基線長と床面までの距離の違いにより、頭部に設ける場合よりも腰部に設ける場合のほうが高精度な計測をすることができる。例えば、同じタイプのカメラおよびレンズを用いた撮影を行う場合、頭部に設けられた外部センサの計測精度が ± 55 ミリメートル (mm) 程度であるのに対して、腰部に設けられた場合の計測精度は ± 5 mm 程度であり、絶対値において 10 倍以上の精度差が生じる。

【0034】 (4) 防震／追従機能の必要性

頭部に設ける外部センサで ± 5 mm 程度の距離計測制度を実現するためには光切断線の撮像に望遠レンズを用いる必要があるが、二足歩行を行うロボットの頭部にこのように画角の狭い望遠レンズを設けて安定的な計測を行うためには、移動に伴って生じる振動の影響を受けにくくするための防震機能や、撮像対象を追従する追従機能を設ける必要が生じる。腰部に外部センサを設ける場合には、特にこれらの機能を付加せずに ± 5 mm の精度を実現することができる。よって、ロボットの構成の複雑さやコストの観点からは、腰部に外部センサを設ける方が有利である。

【0035】 (5) 視野

頭部に外部センサを設ける場合は、首関節等を動かすことにより、上下左右の広い範囲を視野に捉えることができる。一方、腰部に外部センサを設ける場合には、基本的には視野は前方だけであり、腰をある程度左右に回すことができる場合にもその視野範囲は限定的である。

【0036】 (6) 環境認識／遠隔操縦との共存

頭部に外部センサを設ける場合には、ロボットの動作環境の認識の処理と床面等までの距離計測の処理とを時分割で行う必要があり、制御が複雑になる。一方、腰部に設けられる外部センサは、床面等の計測を行うのみであるため、比較的容易に環境認識／遠隔操縦と共存することができる。

【0037】 (7) レーザ光反射強度

頭部に外部センサを設ける場合には床面等で反射してカメラに入射するレーザ光の強度は 0.29 倍であるのに対して、腰部に外部センサを設ける場合のそれは 3.5 倍である。これら両者間では約 12 倍の開きがあり、腰

部に外部センサを設ける場合のほうが光切断線を確実に認識して安定的な計測を行うことができる。

【0038】(8) 腕部による床面の隠蔽

頭部に外部センサを設ける場合には、腕部を胸部より前方に出した状態において床面の一部が遮られ、計測可能な範囲が狭まる。また、胸部より前方で、荷物を腕部で抱えたり手に持ったりした場合には、さらに計測範囲が狭まり、まったく計測できなくなってしまう場合もある。一方、腰部に外部センサを設ける場合には、腕部や手による床面の隠蔽は全くなくなるか、あるいは圧倒的に少なくなり、ロボットの動作中も安定的に床面等を計測することができる。

【0039】(9) 床面に対する腰位置の位置決め精度
頭部に外部センサを設ける場合には、腰部から頭部までの間の運動自由度があるため、この間の幾何補正が必要になるとともに、位置決め精度が低くなる。一方、腰部に外部センサを設ける場合には、腰と外部センサが直結しており、ロボットの動作中も一体となっているため位置決め精度が高い。

【0040】以上のように、従来技術のように頭部に外部センサを設ける場合に比べて、本実施形態のように腰部に設ける場合のほうが、計測精度や、コストや、計測方向の維持や、マニピュレータによる隠蔽の影響などの点において有利である。

【0041】次に、本実施形態における2台のカメラの使い分けについて説明する。図1にも示したように、本実施形態によるロボットは狭基線長カメラ2aと広基線長カメラ2bとを備えている。狭基線長カメラ2aと広基線長カメラ2bの画角が互いに等しい場合、狭基線長カメラ2aで撮った画像は、広基線長カメラ2bで撮った画像に比べて、より広い距離レンジに存在する測定対象物体を捉えることができる。一方、光切断法の原理から明らかなように、広基線長カメラ2bで撮った画像を用いることにより、狭基線長カメラ2aで撮った画像を用いる場合よりも高精度な距離測定を行うことができる。つまり、狭基線長カメラ2aと広基線長カメラ2bとを適宜使い分けることにより、より広い範囲の測定対象物体までの距離をより高精度に測定することが可能となる。つまり、例えば、まず狭基線長カメラ2aを用いて測定対象物体までの距離を大まかな精度で測定し、この距離測定結果に応じて必要な場合には広基線長カメラ2bの撮像方向を調整し、次に広基線長カメラ2bを用いて測定対象物体までの距離を高精度で測定するようにする。これにより、広い距離レンジの測定対象物体を高精度に測定することが可能となる。

【0042】また、これら2台のカメラを用いて二眼立体視を行うことによって、床面を高精度で検出するとともに、遠方の障害物を高精度で検出することができる。このような二眼立体視を行うためには、例えば、両カメラで撮像した画像をそれぞれA/D変換（アナログ/デ

ジタル変換）して画像メモリに取り込み、対応処理手段によって、これら複数の画像にそれぞれ含まれる同一の撮像物体の対応付けを行い、対応のとれた撮像物体までの距離を三角測量の原理に基づいて当該物体の視差を用いて算出するようにする。このような二眼立体視を用いた計測の詳細は、例えば本出願人の出願による「車両用環境認識装置」（特開平9-159442号公報）などに記載されている。

【0043】なお、上記実施形態においては、狭基線長カメラ2aと広基線長カメラ2bの2台のカメラを用いることとしたが、カメラの台数は任意であり、1台であっても良いし3台以上であっても良い。

【0044】また、上記実施形態においては腰部に外部センサを設けることとしたが、腰部に限らず、例えば腰部周辺など、縦方向において脚部とマニピュレータとの間の任意の位置に外部センサを設けるようにしても良い。また、人間型ロボットに限らず、脚部より上方に配置されたマニピュレータを有する脚式移動ロボットにおいて、縦方向において脚部とマニピュレータとの間の任意の位置に外部センサを設けるようにした場合にも、同様の効果が得られる。

【0045】ここで、外部センサをマニピュレータより下に設ける理由は、前述のように床面計測の際のマニピュレータによる干渉を避けるためである。また、外部センサを脚部より上に設ける理由は、必要な範囲を広く計測できるようにするためである。仮に、例えば脚部に外部センサを設けた場合には、以下に説明するような不具合が生じる。

【0046】図4は、人間型ロボットの脚部に外部センサを設けた場合のマルチスリット光照射範囲を示す側面図である。図4において、符号21は人間型ロボット、40は床面、40aは床面40上に存在している障害物の上面、40bは同障害物の側面、47は人間型ロボット21の脚部に設けられた外部センサ、48は外部センサ47によるマルチスリット光照射範囲である。図示するように、この例では、外部センサ47の設置位置が低すぎるために、障害物の側面40bの一部を計測することはできるものの、上面40aや障害物の向こう側の床面を計測することができない。このように計測範囲が制限されることによって、ある程度の高さの障害物ならば跨いで通れるという脚式ロボットのメリットを活かなくなってしまう。

【0047】また、図4に示すような障害物がない状況においても、外部センサの設置位置が低すぎると、床面を照射する十分な角度が得られないために遠い方の計測精度が悪くなったり、階段を降りる場合に階段面を計測するのに必要な照射角度が得られなかったりという不都合が生じる。

【0048】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれ

ば、脚式移動ロボットにおいて、下方の計測対象物体を検出する外部センサを、脚部と本体との結合部よりも上でありかつマニピュレータと本体との結合部よりも下に設けているため、マニピュレータの干渉を受けずに計測対象物体を検知・計測することが可能となる。

【0049】また、この発明によれば、人間型ロボットの腰部または腰部周辺に外部センサを配置しているため、首関節や胴部の動きによらず、常に前方つまり進行方向の床面や障害物を容易かつ安定的に検知・計測することが可能となる。

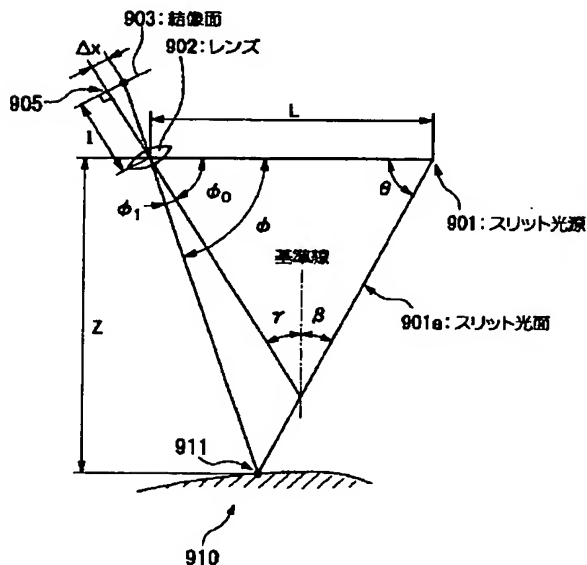
【0050】また、この発明によれば、外部センサは、スリット光を照射する発光手段と該スリット光が前記計測対象物体上に形成する光切断線を撮像する撮像手段とを備えており、この撮像手段によって撮像された画像を基に光切断法などを用いて計測対象物体までの距離を算出するため、脚式移動ロボットは床面等までの距離を知り、床面等の形状を検出できる。また、この算出された距離および形状を基に、足の着地位置を決定し脚の動きを制御することができる。

【0051】また、この発明によれば、前記撮像手段は少なくとも2個のカメラで構成され、これらのカメラで撮像された各画像の中の同一の物体を対応付け、この対応付けられた物体の視差を用いて当該物体までの距離を算出するため、二眼立体視を用いて、下方の床面を高精度で計測するとともに遠方の障害物を高精度で検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の一実施形態による脚式移動ロボットの要部構成を示すブロック図である。 *

【図2】



* 【図2】 同実施形態で利用している光切断法の原理を示す断面図である。

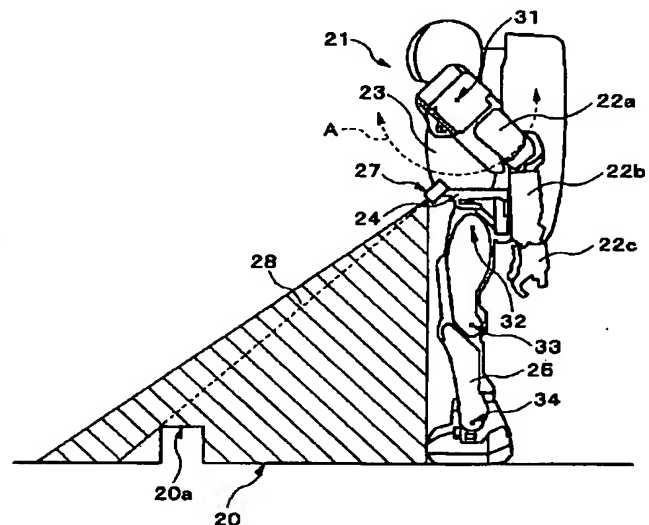
【図3】 同実施形態による脚式移動ロボットの外見的構造を示す側面図である。

【図4】 ロボットにおける外部センサの設置位置が不適切な場合の例を示す側面図である。

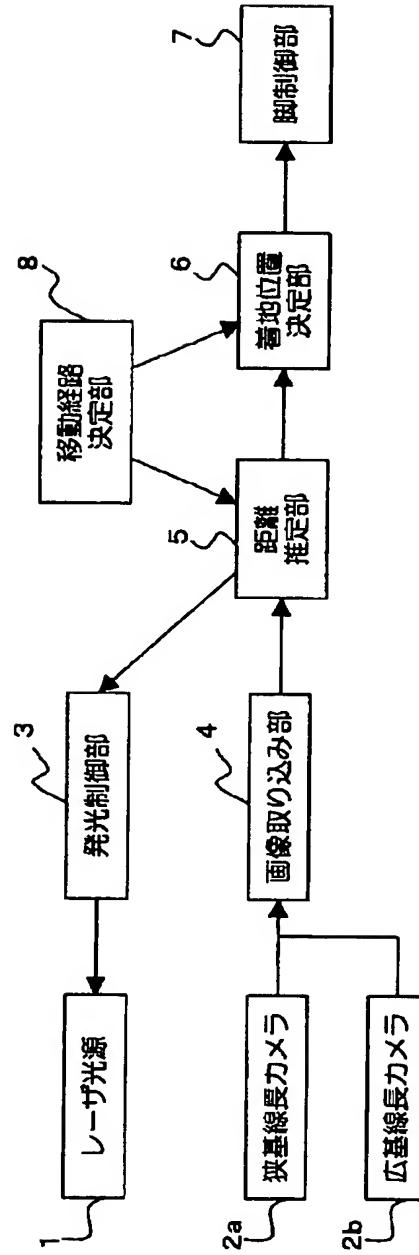
【符号の説明】

- 1 レーザ光源
- 2 a 狭基線長カメラ
- 2 b 広基線長カメラ
- 3 発光制御部
- 4 画像取り込み部
- 5 距離推定部
- 6 着地位置決定部
- 7 脚制御部
- 8 移動経路決定部
- 20 床面
- 20 a 突起面
- 21 人間型ロボット
- 22 a 上腕部
- 22 b 下腕部
- 23 胴部
- 24 腰部
- 25 脚部
- 27 外部センサ
- 28 マルチスリット光照射範囲
- 31, 32, 33, 34 関節の回転軸
- A 上腕部22aの運動を示す破線

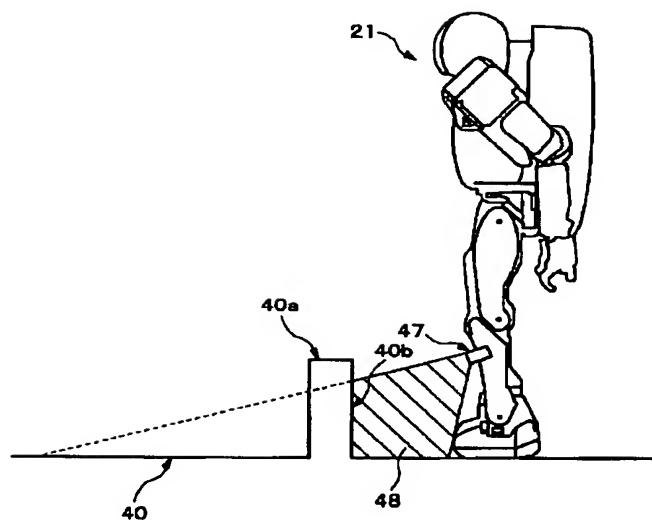
【図3】



【図1】



【図 4】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

G 0 2 B 7/28

G 0 3 B 15/00

識別記号

F I

G 0 2 B 7/11

テーマコード' (参考)

B

H

F ターム (参考) 2F065 AA01 AA06 AA67 DD11 FF01
 FF02 FF04 FF09 GG04 HH05
 HH06 JJ03 JJ05 JJ26 LL04
 QQ03 QQ24 QQ31
 2H051 BB11 BB25 CC02
 3F059 AA00 BA02 BB06 BC10 CA04
 CA06 DA03 DA05 DA08 DB02
 DB10 DC08 DD12 FA05 FB12
 FB17